

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: YOUNG-HOON SONG, ET AL.

FOR: CATALYST REACTOR FOR PROCESSING HAZARDOUS GAS USING NON-THERMAL PLASMA AND DIELECTRIC HEAT AND METHOD THEREOF

11011 U.S. PTO  
09/965696  
09/27/01

CLAIM FOR PRIORITY

The Assistant Commissioner for  
Patents and Trademarks  
Washington, D.C. 20231

Dear Sir:

Enclosed herewith is a certified copy of the Korean Patent Application No. 2000-75601 filed on December 12, 2000. The enclosed Application is directed to the invention disclosed and claimed in the above-identified application.

Applicants hereby claim the benefit of the filing date of December 12, 2000 of the Korean Patent Application No. 2000-75601, under provisions of 35 U.S.C. 119 and the International Convention for the protection of Industrial Property.

Respectfully submitted,

"Express Mail" mailing label number

EL 83503467805

Date of Deposit September 27, 2001 YOUNG-HOON SONG, ET AL.

I hereby certify that this paper or fee is being deposited with the United States Postal Service "Express Mail Post Office to Addressee" service under 37 CFR 1.10 on the date indicated above and is addressed to the Commissioner of Patents and Trademarks, Washington, D.C. 20231.

Jennifer Matson  
(Typed or printed name of person mailing paper or fee)

(Signature of person mailing paper or fee)

CANTOR COLBURN LLP  
Applicants' Attorneys

By:

Daniel F. Drexler

Registration No. 47,535

Customer No. 23413

Date: SEPT. 27, 2001

Address: 55 Griffin Road South, Bloomfield, CT 06002

Telephone: 860-286-2929

대한민국특허청  
KOREAN INTELLECTUAL  
PROPERTY OFFICE

11011 U.S. PRO  
09/965696  
  
09/27/01

별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto  
is a true copy from the records of the Korean Intellectual  
Property Office.

출원번호 : Application Number 특허출원 2000년 제 75601 호

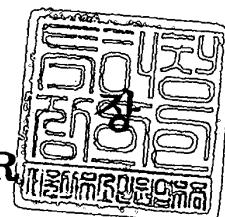
출원년월일 : Date of Application 2000년 12월 12일

출원인 : 한국기계연구원  
Applicant(s)

2001 ଜୁନ ୦୬ ବେଳେ ୨୮ ବର୍ଷ

# 특허권

## COMMISSIONER



## 【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【제출일자】	2000.12.12
【발명의 명칭】	저온 플라즈마 및 유전열을 이용하여 유해가스를 처리하기 위한 촉매 반응기 및 그 처리방법
【발명의 영문명칭】	Catalyst Reactor Activated for Treating Hazardous Gas with Nonthermal Plasma and Dielectric Heating and Method Treating thereof
【출원인】	
【명칭】	한국기계연구원
【출원인코드】	3-1999-902348-1
【대리인】	
【성명】	이홍길
【대리인코드】	9-1998-000370-0
【포괄위임등록번호】	2000-020264-6
【발명자】	
【성명의 국문표기】	송영훈
【성명의 영문표기】	SONG, Young Hoon
【주민등록번호】	590626-1029528
【우편번호】	305-390
【주소】	대전광역시 유성구 전민동 엑스포아파트 201-301
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	차민석
【성명의 영문표기】	CHA, Min Suk
【주민등록번호】	700303-1036118
【우편번호】	305-390
【주소】	대전광역시 유성구 전민동 나래아파트 104-606
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	이재옥
【성명의 영문표기】	LEE, Jae Ok

【주민등록번호】 551125-1657712  
 【우편번호】 305-390  
 【주소】 대전광역시 유성구 전민동 엑스포아파트 304-1108  
 【국적】 KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 최연석  
 【성명의 영문표기】 CHOI, Yeon Seok  
 【주민등록번호】 581215-1101711  
 【우편번호】 305-333  
 【주소】 대전광역시 유성구 어은동 한빛아파트 128-204  
 【국적】 KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 신완호  
 【성명의 영문표기】 SHIN, Wan Ho  
 【주민등록번호】 650225-1351021  
 【우편번호】 360-082  
 【주소】 충청북도 청주시 상당구 대성동 5 우성아파트 103-202  
 【국적】 KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 김관태  
 【성명의 영문표기】 KIM, Kwan Tae  
 【주민등록번호】 580602-1452416  
 【우편번호】 302-280  
 【주소】 대전광역시 서구 월평동 한아름아파트 106-1405  
 【국적】 KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 김석준  
 【성명의 영문표기】 KIM, Seock Joon  
 【주민등록번호】 540404-1121918  
 【우편번호】 302-280  
 【주소】 대전광역시 서구 월평동 301 누리아파트 106-401  
 【국적】 KR

【심사청구】 청구

## 【취지】

특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사 를 청구합니다. 대리인  
이홍길 (인)

## 【수수료】

【기본출원료】	20	면	29,000	원
【가산출원료】	2	면	2,000	원
【우선권주장료】	0	건	0	원
【심사청구료】	8	항	365,000	원
【합계】			396,000	원
【감면사유】			정부출연연구기관	
【감면후 수수료】			198,000	원
【첨부서류】			1. 요약서·명세서(도면)_1통	

**【요약서】****【요약】**

본 발명은 저온 플라즈마에 의한 유전열 및 촉매를 동시에 사용하여 유해가스 제거율 및 반응공정의 선택성을 향상시킬 수 있는 유해가스 처리용 반응기 및 그 처리방법을 제공한다. 그 반응기는 소정의 내부용적을 갖는 몸체; 그 몸체에 일정 간격으로 병렬 배치되는 평판전극으로서, 연속 반복적으로 하나의 평판전극들에는 교류전원이 연결되고 이웃하는 다른 하나의 평판전극들에는 접지에 연결되는 다수의 평판전극; 및 상기 각각의 평판전극들에 교류 주파수의 전압을 인가하기 위한 전원장치로 구성된다. 이 반응기를 이용한 유해가스 처리방법은 반응기를 유해가스 처리장치에 준비시키는 단계; 반응기의 각각의 판형 전극에 교류주파수의 교류전압을 인가하여 저온플라즈마 및 유전열을 발생시키는 단계; 반응기의 내부에 유해가스를 공급하는 단계; 및 유해가스에 대한 플라즈마 반응 및 촉매반응을 동시에 행하는 단계를 포함한다.

**【대표도】**

도 2

**【색인어】**

저온플라즈마, 유전열, 촉매, 유해가스 처리, 반응기

## 【명세서】

## 【발명의 명칭】

저온 플라즈마 및 유전열을 이용하여 유해가스를 처리하기 위한 촉매 반응기 및 그 처리방법{Catalyst Reactor Activated for Treating Hazardous Gas with Nonthermal Plasma and Dielectric Heating and Method Treating thereof}

## 【도면의 간단한 설명】

도 1은 본 발명에 따른 저온 플라즈마를 이용한 유해가스 처리용 반응기를 개략적으로 보여주는 사시도;

도 2는 도 1의 반응기에서의 평판전극의 배열상태를 보여주는 구성도;

도 3은 도 2의 전극의 구성을 상세하게 보여주는 사시도; 및

도 3은 본 발명에 따른 반응기에서의 저온 플라즈마 및 촉매의 효율의 결과를 보여주는 그래프.

## &lt;도면의 주요부분에 대한 부호의 설명&gt;

10: 몸체 14: 유동분배기

16: 평판전극 18: 유전체 플레이트

20: 금속박막 22: 촉매

24: 교류전원 26: 접지

28: 전원장치

**【발명의 상세한 설명】****【발명의 목적】****【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】**

<11> 본 발명은 저온 플라즈마 및 유전열을 이용하여 유해가스를 처리하기 위한 반응기 및 그 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 저온 플라즈마 및 촉매를 동시에 사용하는 유해가스 처리공정에서 저온플라즈마에 의한 유전열 및 촉매를 동시적으로 사용하여 유해가스 제거율 및 반응공정의 선택성을 향상시킬 수 있는 유해가스 처리용 반응기 및 그 처리방법에 관한 것이다.

<12> 일반적으로, 산업공정에서 필연적으로 배출되는 휘발성 유기물질(Volatile Organic Compounds: VOCs)의 대부분은 인체에 유해할 뿐만 아니라 대기 중에서 광 스모그를 일으키는 원인 물질이므로, 각 국에서는 이를 강력하게 규제하고 있다. 한편, 국제협약에 의해 지구온난화 물질인 PFC(Perfluorocarbons) 및 CFC(Chlorofluorocarbons)의 배출규제가 단계적으로 강화되고 있으며, 예컨대 2002년부터는 이들의 총량규제가 실시될 예정에 있다. 이에 따라, 이 같은 유해물질 또는 가스를 처리하기 위한 기술개발에 많은 노력을 기울이고 있는 바, 일반화된 처리기술로서는 소각공법, 촉매공법, 흡착 또는 생물학적 여과공정 등이 있다. 그러나, 이 같은 종래의 방식으로는 향후 강화될 유해 가스에 대한 배출규제를 충분히 만족시킬 수 없는 것으로 알려져 있다. 예컨대, 소각 및 촉매를 이용하는 방식에서는 필수적으로 고온의 열원이 요구되지만, 유해가스가 간헐적으로 배출되는 초 청정 반도체 공정과 같은 사업공정에서는 고온의 열원을 지속적으로 유지할 수 없으며 이를 유지하기 위해서는 고비용이 소모되는 문제점이 있다.

<13> 한편, 고온의 열원을 이용하지 않고 유해가스를 분해하거나 산화처리하기 위한 기술로서 저온 플라즈마를 이용하는 유해가스 처리방식이 있다. 이 유해가스 처리방식 중 하나가 미국특허 제5,236,627호에 개시되어 있다. 이 특허에 따르면, 상압조건에서 전자와 이온으로 구성된 저온 플라즈마는 직경이 수mm인 전기적 유전체 및 강유전체 펠렛(pellets) 또는 비드(bead)가 충진된 플라즈마 반응기내에 고전압 교류전력을 가함으로써 발생되며, 여기서 발생된 일부의 에너지를 이용하여 높은 전자들을 이용한 화학반응을 통해 유해가스를 처리한다. 그러나, 이 같은 유해가스 처리방식은 그 처리공정에 필연한 전력비용이 크며, 그 처리공정 중에 발생된 에어로졸 형태의 부산물이 반응기에서 막힘 현상을 초래하거나 전기적 특성을 악화시켜 공정의 연속운전을 방해하므로 실제적인 실용화 및 상용화가 곤란한 문제점이 있다.

<14> 또한, 상기 미국특허 제5,236,672호와 유사한 것으로서, 미국특허 제4,954,320호는 반응기에 귀금속 촉매구슬, 알루미나 구슬 또는 흡착물질을 충진하여 저온 플라즈마와의 흡착 또는 촉매반응을 동시에 발생시키는 유해가스 처리방식을 개시하고 있다. 그리고, 미국특허 제5,843,288호에는 상기와 같은 특허에 개시된 반응기 및 교류전원 장치에서 기체상태의 부산물이 감소될 수 있도록 강유전체 구슬표면에 전이족 금속촉매인 납(Pt), 팔라듐(Pd), 코발트(Co), 니켈(Ni) 등을 코팅하는 기술이 제안되어 있다.

<15> 상술된 바와 같이, 현재까지의 저온 플라즈마를 이용하여 유해가스를 처리하는 반응기는 투브형(tube type) 몸체에 유전체 성질을 갖는 펠렛 또는 비드를 충진한 구조 또는 형상을 기본으로 하고 있으며. 촉매공정을 저온 플라즈마와 동시에 이용할 경우에는 반응기에 충진된 유전체 펠렛 또는 비드 표면에 촉매를 코팅하는 형태를 이루고 있다. 그러나, 이 같은 방법들을 실제로 유해가스를 배출하는 공정에 적용할 경우 반응기에 충진

된 유전체로 인해 압력손실이 발생하고, 배출가스에 입자상 물질(particulate materials)이 존재할 경우 반응기가 쉽게 막힐 수 있으며, 이 반응기를 필연적으로 진동이 발생되는 수송용 엔진에 적용할 경우 펠렛 또는 구슬간의 접촉면이 갈려나갈 수 있으며, 대용량의 배출가스를 처리하기 위해서는 여러 개의 튜브형 반응기를 다발로 또는 집합적으로 묶어야하기 때문에 전체적인 유해가스 처리시스템의 규모가 과대하게 커지는 등의 문제점이 있다.

<16> 특히, 반응기의 용적 또는 부피가 커지면 단순히 실용성에 문제가 될 뿐 아니라 교류전원에 의해 발생된 유전열이 반응공간에 집중되지 못하고 분산되기 때문에 열에 의해 활성화되는 촉매의 성능을 기대할 수 없으므로 전체적인 공정의 에너지 효율이 현저하게 저하되는 문제점이 있다.

<17> 따라서, 저온 플라즈마를 발생시킬 때 생성되는 유전열을 보다 효과적으로 활용할 수 있는 작은 체적의 반응기 구조를 가지면서도 가스의 흐름을 방해하지 않는 기술의 개발이 저온 플라즈마와 촉매공정을 동시에 활용하는 공정에서 중요한 해결과제로 제기되고 있다.

#### 【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<18> 이에 본 발명은 상술된 문제점 및 과제를 해결하기 위해 발명된 것으로서, 본 발명의 목적은 압력손실 및 막힘이 방지되는 저온플라즈마 및 유전열을 이용한 유해가스 처리용 반응기를 제공하는데 있다.

<19> 본 발명의 다른 목적은, 펠렛 또는 비드를 사용하지 않으며 전체적인 체적을 축소시킬 수 있는 저온플라즈마 및 유전열을 이용한 유해가스 처리용 반응기를 제공하는데 있다.

<20> 본 발명의 또 다른 목적은, 작은 공간에서 다량의 가스를 처리할 수 있는 유해가스 처리용 반응기를 제공하는데 있다.

<21> 본 발명의 또 다른 목적은, 플라즈마 발생에 의해 발생된 열을 좁은 공간에 집중시킬 수 있어 전극표면에 코팅된 촉매가 효과적으로 열에 의해 활성화됨으로서 운전전력을 절감시킬 수 있고 또한 액체상태 및 고체상태의 부산물의 발생을 억제시킬 수 있는 유해가스 처리용 반응기를 제공하는데 있다.

<22> 본 발명의 다른 하나의 주요 목적은 전술된 반응기를 이용하여 유해가스를 처리하기 위한 방법을 제공하는데 있다.

<23> 본 발명에 의하면, 휘발성 유기물(VOCs: Volatile Organic Compounds), PFC(perfluorocarbons), CFC(chlorofluorocarbons), 다이옥신 그리고 기타 무기물의 유해가스를 처리하기 위해 저온 플라즈마 및 촉매를 동시에 사용하는 유해가스 처리장치에 사용하기 위한 반응기 및 그 제조방법에 관한 것으로, 종래에는 저온 플라즈마 반응기에 이용되지 않았던 유전열 및 촉매를 효과적으로 반응공정에 활용하여 운전에 소요되는 전력을 절감할 수 있으며, 액상 및 고상의 부산물 발생을 억제할 수 있는 것이다.

### 【발명의 구성 및 작용】

<24> 이 같은 목적들은 저온플라즈마와 그 저온플라즈마의 발생시 발생되는 유전열을 이용하여 유해가스를 처리하기 위한 반응기에 있어서, 소정의 내부용적을 갖는 몸체; 상기 몸체에 일정 간격으로 병렬 배치되는 평판전극으로서, 연속 반복적으로 하나의 평판전극에는 교류전원이 연결되고 이웃하는 다른 하나의 평판전극들에는 접지에 연결되는 다수의 평판전극; 및 상기 교류전원에 연결된 각각의 평판전극들에 교류 주파수의 전압을 인

가하기 위한 전원장치를 포함하는 것을 특징으로 하는 저온플라즈마 및 유전열을 이용한 유해가스 처리용 반응기에 의해 달성될 수 있다.

<25> 본 발명에 따른 목적들은 또한 반응기를 유해가스 처리장치에 준비시키는 단계; 상기 반응기의 각각의 판형 전극에 교류주파수의 교류전압을 인가하여 저온플라즈마 및 유전열을 발생시키는 단계; 상기 반응기의 내부에 유해가스를 공급하는 단계; 및 상기 유해가스에 대한 플라즈마 반응 및 촉매반응을 동시에 행하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 유해가스 처리방법에 의해 달성될 수 있다.

<26> 이하, 본 발명에 따른 저온플라즈마 및 유전열을 이용한 유해가스 처리장치용 반응기 및 그 반응기를 이용한 유해가스 처리장치의 바람직한 실시예를 첨부도면을 참조로 하여 상세히 설명한다.

<27> 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명에 따른 저온플라즈마 및 유전열을 이용한 유해가스 처리장치용 반응기는 기본적으로 장방형 또는 정방형과 같이 소정의 공간을 갖는 입방체형의 몸체(10)를 구비한다. 그 몸체(10)의 전방에는 유해가스를 몸체(10)내로 유입시키기 위한 유입구(12)를 구비한 유동 분배기(14)가 설치된다.

<28> 특히, 몸체(10)에는 하나 또는 다수의 평판전극(16)을 포함한다. 각각의 평판전극(16)은 장방형 또는 정방형으로 형성되는 것이 바람직하다. 또한, 도 3에 도시된 바와 같이, 평판전극(16)은 전기적 절연성 및 유전성을 동시에 갖는 세라믹, 유리, 석영과 같은 재질로 형성되는 2개의 유전체 플레이트(18)를 구비한다. 이들 각각의 유전체 플레이트(18)의 크기는 반응기 전체의 용량에 따라 임의로 설정될 수 있는 바, 예컨대, 세로변 및 가로변의 크기는 각각 수mm에서 수백mm로 될 수 있다.

<29> 각각의 유전체 플레이트(18)의 일 측면에는 전기가 통할 수 있도록 금속 코팅재 또는 금속박막(20)이 도포 되는 반면, 타측면에는 촉매(22) 또는 흡착제가 코팅되는 것이 바람직하다.

<30> 한편, 각각의 평판전극(16)은 2개의 유전체 플레이트(18)를 상호 밀착시킴으로써 완성되는 것이다. 즉, 하나의 유전체 플레이트(18)의 금속박막(20)이 도포된 일측면과, 또한 다른 하나의 유전체 플레이트(18)의 금속박막(20)이 도포된 일측면을 상호 접착시킴으로써, 하나의 평판전극(16)이 완성되는 것이다.

<31> 선택적으로, 평판전극은 2개의 유전체 플레이트 사이에 금속박막이 이 삽입되어 형성될 수도 있는 바, 이 경우에는 각각의 유전체 플레이트의 상호 접합면 모두에 금속박막이 도포될 필요는 없다.

<32> 이와 같이 완성된 각각의 평판전극(16)들은, 도 2에 도시된 바와 같이, 반응기의 몸체내에 병렬로 배치된다. 도면에는 단지 7개의 평판전극이 도시되어 있으나, 반응기의 용량 또는 체적에 따라 그 개수를 임의로 설정할 수 있음은 물론이다. 이와 같이 병렬로 배치된 상태에서 하나는 교류전원(24)에 연결하고 다른 하나는 접지(26)에 연결하는 방식으로 연속 반복시켜 배치한다. 이때, 각각의 전극간의 거리는 약 1 내지 6mm로 유지되는 것이 바람직하다. 또한, 평판전극(16)은 처리할 가스의 유량 또는 반응기의 용량에 따라 수 개의 쌍 내지 수 십, 수 백 개의 쌍으로 병렬 배치될 수 있다. 도면에 도시되지는 않았지만, 반응기의 외형을 이루는 몸체는 전기 절연성을 지님은 물론, 고온에도 견딜 수 있도록 세라믹과 같은 재질로 형성되는 것이 바람직하다.

<33> 물론, 반응기의 각각의 평판전극(16)들에 연결되는 전원장치(28)는 5kV 내지 20kV에 이르는 교류전압을, 예컨대 수십 내지 수만 Hz의 특정 주파수로 공급하며, 반응기와의 임

피던스 매칭(impedance matching)을 위해 그 전원장치와 반응기 사이에는 인덕턴스 및 충전회로(도시되지 않음)가 설치되는 것이 바람직하다.

<34> 또한, 각각의 유전체 플레이트(18)에 코팅된 촉매는 열에 의해 촉매의 활성화가 발생되는 것으로 알려진 Pt, Rd, Pd 등의 귀금속 촉매뿐 아니라 Ni, Cu, Co 등의 금속촉매들 중 하나 또는 그 이상이 선택되어 사용될 수 있다. 또한, 이들 각각의 금속 촉매는 반응 기체와의 접촉면적을 증대시킬 수 있도록, 먼저 유전체 플레이트(18)의 매끈한 세라믹 평판에 표면적이 큰  $\gamma$ -알루미나, 실리카, 또는 제올라이트를 코팅한 다음 이 코팅면 위에 코팅되는 것이 바람직하다.

<35> 또, 유전체 플레이트(18)에 코팅된 흡착제는  $\gamma$ -알루미나 또는 제올라이트로 될 수 있다. 여기서, 제올라이트는 분자체(Molecular Sieve(MS)) 3A 또는 5A인 것이 바람직하며, 이들 분자체에 알카리 금속인 알카리 토금속이 치환된 촉매를 사용하는 것이 보다 뛰어난 성능을 발휘할 수 있는 것으로 나타났다.

<36> 이와 같이 구성된 반응기의 반응공정에 의하면, 먼저 반응기에 전원장치(28)를 작동시켜 전력을 가하면 각각의 평판전극(16)사이에 전기적 방전이 일어나 전자 및 이온이 발생된다. 여기서 발생된 전자는 처리하고자 하는 가스분자를 직접 분해하거나, 또는 처리 대상인 유해가스와 함께 공급된 공기 또는 첨가된 가스분자가 전자와의 충돌로 인해 발생된 O, OH, HO<sub>2</sub>, N 래디칼(radical) 또는 이온에 의해 산화 혹은 환원반응을 거치게 된다. 이상과 같은 반응공정은, 일반적인 저온 플라즈마를 이용한 공정 원리이다.

<37> 이에 더불어, 본 발명에 따른 반응기는 유전가열을 이용하여 반응기내의 온도를 상승시켜 원하는 반응이 보다 용이하게 달성될 수 있으며, 유전가열을 통해 상승된 반응기내의 고온을 촉매를 활성화시키는데 사용함으로서 저온 플라즈마 반응과 촉매반응의 복합효

과를 획득할 수 있는 것이다. 예컨대, 저온 플라즈마 반응과 촉매반응의 복합효과를 기준의 저온 플라즈마 또는 촉매공정과 비교할 때 다음과 같은 기술적인 장점이 있는 것으로 나타났다.

<38> 즉, 종래와 같이 촉매를 통해 유해가스를 산화시킬 경우 특정한 온도 이상으로 촉매를 가열할 필요성이 있으나, 본 발명과 같이 저온 플라즈마와 촉매를 동시에 사용할 경우 촉매가 활성화될 수 있는 온도가 저하되어 낮은 온도에서도 공정의 실행이 가능하다. 이는, 저온 플라즈마공간 속에서 유해가스 또는 산화제(예컨대, 산소, 수분 또는 첨가제)가 반응이 일어나기 쉬운 상태로 변환되기 때문인 것으로 이해된다.

<39> 또한, 종래와 같이 저온 플라즈마 반응은 특정한 반응이 선택적으로 나타날 수 있는 가능성이 적지만, 본 발명과 같이 촉매를 저온 플라즈마와 함께 사용할 경우 반응에서의 선택성이 증가될 수 있다. 예컨대, 저온 플라즈마만의 반응으로 톨루엔을 제거할 경우 절반이상의 톨루엔은 중합반응을 일으켜 에어로졸 형태로 변환되며 이 물질들이 전극표면에 달라붙어 장기적인 운전을 방해하거나 반응기내의 막힘 현상을 초래할 수 있으나, 유전열에 의해 활성화된 촉매를 사용할 경우 최종 산출물이 이산화탄소와 수분으로 되는 산화반응으로 보다 쉽게 진행될 수 있는 것이다.

<40> 이하, 본 발명에 따른 구체적인 실시예의 작용모드 및 그 작용효과를 상세하게 설명할 것이다.

<41> 실시예 1

<42> 평판전극(16)의 크기는 76mm  $\times$  6mm  $\times$  1mm이고, 내부 금속박막(14)의 크기는 60mm  $\times$  60mm  $\times$  0.1mm이며, 평판전극(10)의 개수는 15개이고, 각각의 평판전극(10)간의 거리는 2mm로 설정되어 있으며, 반응유동 단면적 60mm  $\times$  60mm에는 14단의 반응공간이 형성되어 있다. 그리고, 반응기에 평균전압 11 kV 및 주파수 60 Hz인 교류전력을 공급하여 저온 플라즈마를 발생시켰다. 이때, 전력공급이 5 내지 6 시간이 지속되고 또한 반복실험을 10여 차례 수행하였으나 반응기내에서 절연파괴로 인한 치명적인 손상이 발견되지 않았다. 한편, 이때 사용된 평판전극의 유전체 플레이트로서는 알파-알루미나 플레이트, 알파-알루미나 플레이트에 감마-알루미나 및 백금을 코팅하여 형성한 플레이트, 알파-알루미나 플레이트에 제올라이트를 코팅하여 형성한 플레이트, 석영플레이트 등 다양한 재질이 선택되어 이용될 수 있다.

<43> 실시예 2

<44> 실시예 1과 같이 구성된 반응기에 공기를 주입하여 유동시키고 전원장치의 주파수를 60Hz에서 10kHz까지 증가시켜 전력을 가하면, 주파수가 증가될수록 반응기에 투입되는 전력이 증가되면서 반응기 내의 온도 및 반응기 후단에서 배출되는 공기의 온도가 증가되는 것으로 나타났다. 한편, 반응기에서 저온 플라즈마가 발생되는 전극의 실제 총면적은  $6 \text{ cm} \times 6 \text{ cm} \times 14 = 1008 \text{ cm}^2$ 임에 반해 외부와의 접촉면적은  $6 \text{ cm} \times 6 \text{ cm} \times 6 = 216 \text{ cm}^2$ 로 계산될 수 있다. 즉, 유전열이 발생되는 전극면적에 비해 열손실이 발생될 수 있는 외부와의 접촉면적이 현저히 작게되므로 발생된 열을 반응공정에 효과적으로 사용할 수 있는 것이다. 이에 비해 종래의 튜브형상의 반응기는 전극면적과 외부와의 접촉면적이

대등하기 때문에 열손실이 많이 발생되므로 반응에 필요한 열을 효과적으로 이용할 수 없었다.

<45> 실시예 3

<46> 실시예 1과 같이 구성된 반응기에 공기를 주입하여 유동시키고 이 때 반응기의 전방단 및 후방단에서 압력손실을 측정해 본 결과, 기존의 튜브형 반응기에 촉매 비드 또는 펠렛을 충진하고 공기를 흘려주었을 경우에 비해 압력손실이 현저하게 감소되는 것으로 나타났다. 따라서, 본 발명에 따른 반응기는 유량이 큰 공정에 효과적으로 사용될 수 있으며, 반응공정 중에 입자상의 물질이 있거나 그 같은 입자가 발생할 경우에도 반응기내에서 막힘 현상이 발생되지 않는 것으로 나타났다.

<47> 예컨대, 톨루엔을 수십 내지 수 백 ppm 포함하고 있는 공기를 반응기에 공급하여 장시간 처리할 경우 일부 톨루엔은 산화공정을 거치는 것이 아니라 작은 입자상의 탄소화합물로 변하여 전극에 부착되는 현상이 발생된다. 이때 부착된 부산물은 전극의 전기적 특성을 변화시켜 전력공급에 문제를 일으키게 된다. 그러나, 본 발명과 같이 산화공정을 일으키는 백금촉매를 전극판에 코팅하면, 입자 및 액상의 부산물 발생이 현저하게 감소됨은 물론 일정 시간이 지난 후에는 주기적으로 공기만을 주입하여 부착된 탄소화합물을 제거할 수 있는 것으로 나타났다.

<48> 비교실시예 1

<49> 유해가스를 실제로 처리하는데 있어 촉매 및 열이 제거성능에 미치는 영향을 살펴보기 위해 유해가스로서 300ppm의 툴루엔을 공기와 함께 반응기에 공급하였으며, 이후 즉시, 60 Hz의 주파수로 11kV의 교류전력을 반응기에 가한 다음 반응기 후단에서 배출되는 툴루엔의 농도를 측정하였다. 여기서, 비교의 명확성을 위해 1) 알파-알루미나판을 이용한 평판전극인 경우, 2) 알파-알루미나판에 감마-알루미나를 코팅한 평판전극인 경우, 3) 알파-알루미나판에 감마-알루미나 및 백금을 코팅한 평판전극인 경우로 구분하여 비교실험을 실행하였다. 또한, 툴루엔과 같은 휘발성 유기화합물의 산화공정에서 온도상승이 반응공정에 어떠한 효과를 미치는가를 살펴보기 위해, 각각의 평판전극에 대한 비교실험의 운전온도(반응기에 공급되는 공기 및 반응기 주변온도)를 각각 상온, 60 °C 및 100 °C로 설정하여 수행하였다.

<50> 이와 같이 설정된 실험조건에서 실험한 결과가 도 4의 그래프로 도시되어 있다. 이 그래프에 의하면, 전원장치에서 동일하게 전력이 소비되고 있더라도 유해가스인 툴루엔의 제거율(초기농도에 대비한 제거된 농도)은 알파-알루미나, 감마-알루미나, 백금촉매 순으로 증가하였다. 한편, 각각의 경우에서 운전온도가 증가될 경우 공통적으로 툴루엔의 제거율은 상승하여 온도증가가 반응공정에 현저히 긍정적으로 작용하고 있는 것으로 나타나 있다.

<51> 비교 실시예 2

<52> 툴루엔을 포함하는 유해가스에 대해 PFCs인  $NF_3$  와  $CF_4$ 를 본 발명에 따른 반응기로 처리하는 실험에 있어서, 이 같은 가스 또한 툴루엔과 마찬가지로 저온 플라즈마 공정에 부가하여 반응기내의 온도상승에 의한 제거율이 증가되는 것으로 관찰되었다. 특히  $NF$

3는 반응기내의 온도가 400°C 이상일 경우 단순히 열에 의해서도 분해되는 물질이기 때문에 본 반응기에 의한 제거율의 증가는 촉매공정이 함께 사용되지 않은 경우에도 관찰되었다.

<53> 한편, CF<sub>4</sub>의 열분해는 1200°C 내지 1800°C 이상에만 가능하기 때문에 귀금속 촉매인 백금이 코팅된 전극이 필요했으며, 이 같은 백금 촉매를 사용할 경우 반응기내의 온도가 300°C 내지 400°C 수준에서 유지되면서 저온 플라즈마가 발생할 경우 본격적인 CF<sub>4</sub> 분해가 시작되었다.

<54> 이 밖에 트리클로로에틸렌(TCE:trichloroethylene)과 같이 Cl이 포함된 유기물의 분해 실험에서도 반응온도의 증가는 유해물질의 산화반응을 가속시키는 것으로 나타났다. 이에 따라, 본 발명에 따른 반응기에 의해 반응온도를 상승시키는 기술은 툴루엔과 같은 VOCs 뿐만 아니라 다이옥신, PFCs, CFCs, 및 질소산화물과 같은 무기물의 분해에도 광범위하게 적용될 수 있는 것으로 이해된다.

### 【발명의 효과】

<55> 이상에서 설명된 바와 같이, 본 발명에 따른 저온플라즈마 및 유전열을 이용한 유해 가스 처리용 반응기 및 그 처리방법에 의하면, 교류전원과 유전체 전극을 통해 저온 플라즈마를 발생시킬 때 발생하는 유전열을 반응공정에 촉매와 더불어 이용할 수 있어 반응효율이 향상되는 효과가 있다. 그리고, 반응기내에서의 압력손실이 감소되고, 전극의 청소 및 교환과 같은 유지보수가 간편하며, 반응기의 체적이 작아져 실용성이 향상되는 이점이 있다.

<56> 이상에서, 본 발명에 따른 바람직한 실시예에 대해 설명하였으나, 본 기술분야의 당업자라면 첨부된 특허청구범위를 벗어남이 없이 다양한 변형에 및 수정예를 실시할 수 있을 것으로 이해된다.

**【특허청구범위】****【청구항 1】**

저온플라즈마와 그 저온플라즈마의 발생시 발생되는 유전열을 이용하여 유해가스를 처리하기 위한 반응기에 있어서,  
유해가스를 수용하기 위한 소정의 내부용적을 갖는 몸체;  
상기 몸체에 일정 간격으로 병렬 배치되는 평판전극으로서, 연속 반복적으로 하나의 평판전극들에는 교류전원이 연결되고 이웃하는 다른 하나의 평판전극들에는 접지에 연결되는 다수의 평판전극; 및  
상기 각각의 평판전극들에 교류 주파수의 전압을 인가하기 위한 전원장치를 포함하는 것을 특징으로 하는 저온플라즈마 및 유전열을 이용한 유해가스 처리용 반응기.

**【청구항 2】**

제 1항에 있어서, 상기 각각의 평판전극은, 각각의 일측면에 전기가 통할 수 있도록 금속박막이 도포되며 타측면에는 촉매가 코팅되는 2개의 유전체 플레이트가 금속박막이 부착된 면이 상호 접합되어 형성되는 것을 특징으로 하는 유해가스 처리용 반응기.

**【청구항 3】**

제 2항에 있어서, 상기 각각의 유전체 플레이트는 0.1mm 내지 2.0mm의 두께를 지니며, 유리, 세라믹, 석영 중 하나로 선택되어 형성되는 것을 특징으로 하는 유해가스 처리용 반응기.

**【청구항 4】**

제 2항에 있어서, 상기 촉매는 백금, Pd, V, Rh를 포함하는 금속성 촉매그룹, MS 5A 및 MS 3A를 포함하는 제올라이트 촉매그룹, 및  $TiO_2$  광촉매 그룹들 중 하나로 선택되는 것을 특징으로 하는 유해가스 처리용 반응기.

**【청구항 5】**

제 1항에 있어서, 상기 전원장치에 의해 상기 평판전극에 공급되는 전력은 50Hz 내지 100kHz 주파수의 1kV 내지 30 kV의 교류전압인 것을 특징으로 하는 유해가스 처리용 반응기.

**【청구항 6】**

제 1항 내지 5항 중 어느 한 항에 따른 유해가스 처리용 반응기를 이용한 유해가스 처리방법에 있어서,

상기 반응기를 유해가스 처리장치에 준비시키는 단계;  
상기 반응기의 각각의 판형 전극에 교류주파수의 교류전압을 인가하여 저온플라즈마 및 유전열을 발생시키는 단계;  
상기 반응기의 내부에 유해가스를 공급하는 단계; 및  
상기 유해가스에 대한 플라즈마 반응 및 촉매반응을 동시에 행하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 유해가스 처리방법.

**【청구항 7】**

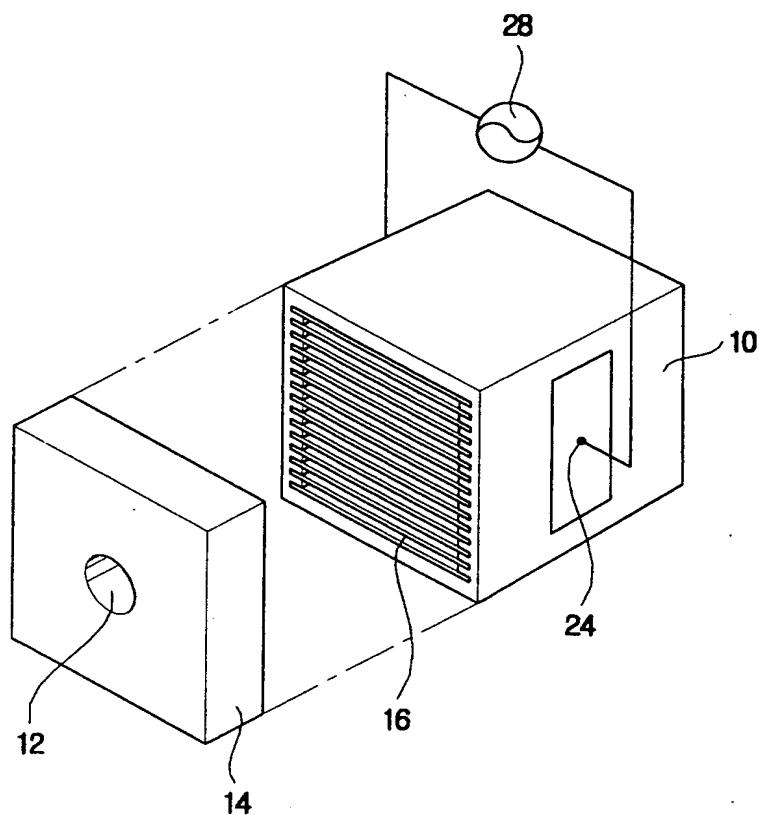
제 6항에 있어서, 반응기의 내부에 형성될 수 있는 고상 및 액상 부산물을 제거하기 위해, 장시간 운전후 주기적으로 청정공기 또는 산소를 반응기에 공급하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 유해가스 처리방법.

**【청구항 8】**

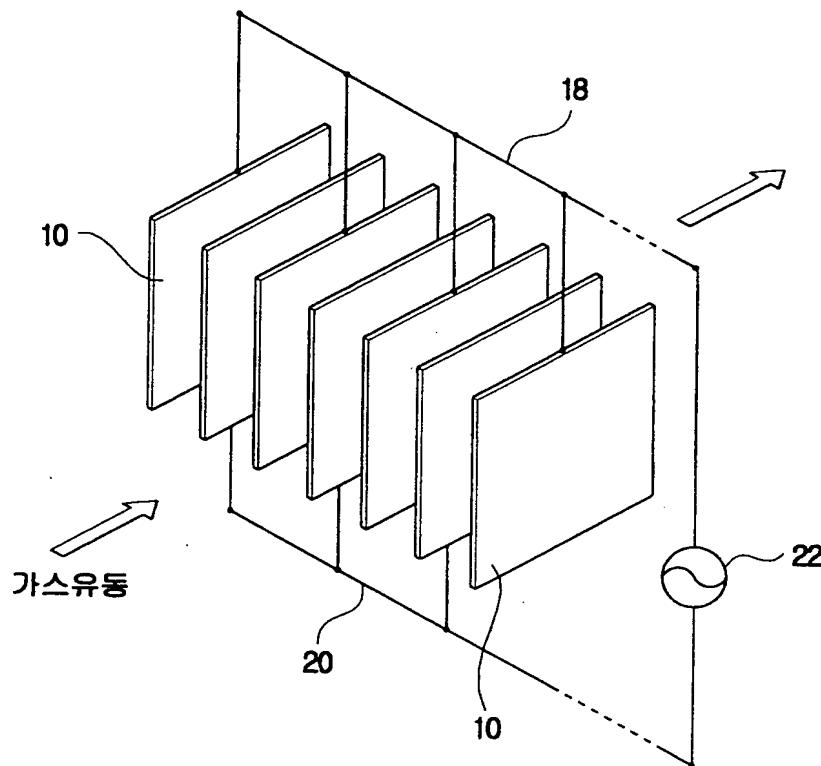
제 6항에 있어서, 상기 유해가스는 VOCs (Volatile Organic Compounds), PFCs(Perfluorocarbons), CFCs(Chlorofluorocarbons), TCE(trichloroethylene), 다이옥신, 질소산화물로 이루어진 그룹으로부터 선택되는 하나 이상의 유해성분을 포함하는 것을 특징으로 하는 유해가스 처리 방법.

## 【도면】

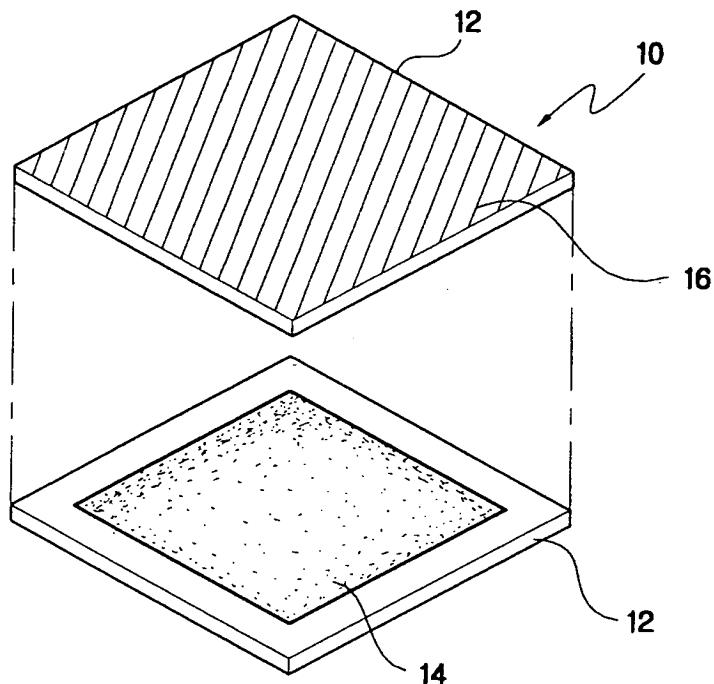
## 【도 1】



【도 2】



【도 3】



【도 4】

